

STUDI AKURASI UNTUK MENGESTIMASI WAKTU PERJALANAN BERBASIS KECEPATAN SESAAT DENGAN LINEAR DAN TIME SLICE MODEL (LOKASI STUDI : RING ROAD UTARA SURAKARTA)

Risma Indah Purnama¹, Amirotul MHM², Agus Sumarsono³

¹ Mahasiswa Fakultas Teknik, Program Studi teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{2,3} Pengajar Fakultas Teknik, Program Studi teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jln Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524.

Email : rismapurnama6@gmail.com

Abstract

Information about the travel time taken into consideration all road users to determine the most effective travel route. Beside has been making effective travel road, it can be also optimize the allocation of time and travel expenses. Consider the importance of travel time information, it is necessary to estimate the travel time with an error rate low. So it can be used to provide travel time information level to road user.

Data used in this study is the flow of vehicles that are in North Ring Road Surakarta and spot speed from each vehicle. The vehicles in this study is light vehicles, heavy vehicles, and motorcycles. For travel time estimation model used is linear and time slice model. the results of the model estimate travel time with linear and time slice model is used to estimate an error rate of the actual travel time. Furthermore, the error rate indicator test by using RMSE, MAE, and MARE which is will be known which model is better applied to the North Ring Road Surakarta.

From the calculate results showed that the estimated travel time using data obtained with spot speed manual and the speed gun, linear model has lower estimation errors from time slice model. nevertheless, the difference between two models are not too far away.

Keywords: Linear Model, Time Slice Model, Error Estimation, Travel Time.

Abstrak

Informasi mengenai waktu perjalanan menjadi pertimbangan para pengguna jalan untuk menentukan rute perjalanan yang paling efektif. Selain menciptakan rute perjalanan yang efektif, dapat juga mengoptimalkan alokasi waktu dan biaya perjalanan. Mempertimbangkan pentingnya informasi waktu perjalanan, maka dibutuhkan estimasi waktu perjalanan dengan tingkat kesalahan yang rendah, sehingga dapat digunakan untuk memberikan tingkat informasi waktu perjalanan kepada pengguna jalan.

Data yang digunakan dalam penelitian yaitu arus kendaraan yang berada di jalan Ring Road Utara Surakarta dan kecepatan sesaat setiap kendaraan. Kendaraan yang diteliti adalah kendaraan ringan, kendaraan berat, dan sepeda motor. Model estimasi waktu perjalanan yang digunakan adalah *Linear* dan *Time Slice Model*. Hasil dari model estimasi waktu perjalanan dengan *Linear* dan *Time Slice Model* dianalisis tingkat kesalahan terhadap waktu perjalanan aktual, dengan menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE), *Mean Absolute Error* (MAE), dan *Mean Absolute Relative Error* (MARE) yang mana akan diketahui model mana yang lebih baik diterapkan pada jalan Ring Road Utara Surakarta.

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa estimasi waktu perjalanan yang menggunakan data kecepatan sesaat yang diperoleh dengan cara manual dan *speed gun*, *Linear Model* memiliki estimasi kesalahan yang lebih rendah dari *Time Slice Model*. Walaupun demikian, perbedaan estimasi kesalahan antara *Linear* dan *Time Slice Model* tidak terlalu jauh.

Kata kunci : *Linear Model*, *Time Slice Model*, Tingkat Kesalahan, Waktu Perjalanan.

PENDAHULUAN

Terdapat beberapa metode untuk mengestimasi waktu perjalanan pada suatu ruas jalan. Metode tersebut memiliki hasil estimasi yang berbeda-beda. Estimasi kesalahan merupakan perbedaan antara waktu perjalanan aktual dengan waktu perjalanan hasil dari estimasi. Manfaat dari menghitung estimasi kesalahan dari suatu metode estimasi waktu perjalanan adalah untuk mengetahui akurat atau tidaknya hasil estimasi waktu perjalan. Informasi yang terkait dengan perkiraan waktu perjalanan dari sebuah ruas jalan sangat berguna bagi para pengguna jalan dalam hal memilih dan menentukan rute perjalanan yang akan dilaluinya. Menurut Jung et al. (2003) yang dikutip oleh Satu Innamaa (2009) mencatat bahwa menurut pengguna jalan layanan informasi perjalanan di daerah maju mencapai tingkat kesalahan mendekati atau dibawah 5%, manfaat dari perbaikan lebih lanjut untuk akurasi layanan mungkin sebanding dengan biaya yang berkaitan dengan perbaikan ini. Maka dibutuhkan suatu metode estimasi waktu perjalanan yang dapat diandalkan. Waktu perjalanan dari sebuah ruas perjalanan dapat diperkirakan dengan cara survei secara langsung di lapangan dan dapat juga diperoleh dari model-model estimasi.. Dari masing-masing model harus dilakukan uji keandalan terhadap waktu perjalanan terhadap waktu perjalanan yang sesungguhnya

untuk mengetahui tingkat keakuratannya. Dari uji keandaran tersebut dapat diperoleh model estimasi yang sesuai untuk digunakan dalam mengestimasi waktu perjalanan pada suatu ruas jalan. Penelitian ini dilakukan pada jalan arteri primer menggunakan cara manual dan alat *speed gun* dalam pengambilan data *spot speed*, berbeda dengan penelitian Li (2011) yang mengambil jalan tol sebagai lokasi penelitiannya dan menggunakan *loop detector* dalam pengambilan data *spot speed*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui model estimasi yang memiliki tingkat akurasi lebih baik atau yang dapat diandalkan antara *linear model* dan *time slice model* terhadap metode kendaraan bergerak dalam mengestimasi waktu perjalanan pada Jalan Ring Road Utara Surakarta dari Simpang Ring Road Mojosoongo (Surakarta) menuju Simpang Sroyo Jaten (Karanganyar). Lokasi yang ditinjau memiliki karakteristik lalu lintas campuran pada jam puncak yang didominasi oleh sepeda motor. Sebelumnya, Aan Febrian (2015) melakukan penelitian mengenai analisa estimasi kesalahan waktu perjalanan dengan menggunakan *instantaneous* dan *time slice model*, dan hasilnya *instantaneous model* memiliki tingkat akurasi lebih baik daripada *time slice model*. Hasil dari penelitian ini nantinya dapat digunakan untuk menginformasikan para pengguna jalan dalam bentuk waktu perjalanan dan juga sebagai masukan bagi instansi berwenang untuk perbaikan dan pengembangan di bidang transportasi kota Surakarta pada waktu mendatang.

LANDASAN TEORI

Model Estimasi Waktu Perjalanan

Metode estimasi waktu perjalanan adalah metode atau cara yang digunakan untuk memperkirakan waktu perjalanan untuk suatu panjang jalan tertentu yang selanjutnya dapat diinformasikan kepada para pengguna jalan sebagai dasar dalam pemilihan rute jalana. Waktu Perjalanan dapat diperkirakan dengan diukur secara langsung yang disebut dengan *Direct Methods* atau dengan mengukur variable lalu lintas seperti kecepatan, pemukiman, dan kondisi fisik jalan untuk mengestimasi waktu perjalanan yang disebut dengan *Indirect Methods* (Angshuman Guin dan Jorge Laval, 2013). Model estimasi waktu perjalanan yang digunakan dalam penelitian ini termasuk kedalam *indirect methods*, meliputi :

1. Linear Model

Pada *Linear Model* kendaraan mengubah kecepatan secara bertahap dalam *link*. Kecepatan kendaraan pada waktu t di bagian i ; tidak hanya fungsi dari kecepatan dikumpulkan dari detektor hulu dan hilir, seperti pada metode sebelumnya, tetapi juga fungsi jarak dari kendaraan ke titik akhir dari *link* (Van Lint dan Van der Zijpp, 2003). Sebelum menghitung estimasi waktu perjalanan, menghitung nilai dari A . Persamaannya adalah sebagai berikut :

$$A = \frac{V(d+1,p) - V(d,p)}{x_{d+1} - x_d} \dots\dots\dots [1]$$

Setelah didapatkan nilai A , selanjutnya menghitung estimasi waktu perjalanan. Persamaannya adalah sebagai berikut :

$$x_i(t) = x_{ikp}^0 + \left(\frac{V(d,p)}{A} + x_{ikp}^0 - x_d \right) \cdot (e^{A \cdot (t - t_{ikp}^0)} - 1) \dots\dots\dots [2]$$

2. Time Slice Model

Estimasi waktu perjalanan dengan *Time Slice Model* dihitung berdasarkan data kecepatan rata-rata waktu (\bar{U}_{TMS}) dan kecepatan rata-rata ruang (\bar{U}_{SMS}) dari setiap *link*. Model dapat ditulis :

$$t(n, t_n) = \frac{2 l_n}{v[n_a, t_n] + v[n_b, t_n]} \dots\dots\dots [3]$$

Dari hasil kedua model estimasi waktu perjalanan diatas, selanjutnya akan divalidasikan terhadap waktu perjalanan aktual. Waktu perjalanan aktual di dapat dari survei plat nomor kendaraan dari titik 1 sampai titik 4. Selisih antara estimasi waktu perjalanan dengan menggunakan metode dengan waktu perjalanan aktual kemudian dihitung estimasi kesalahannya dengan menggunakan indikator uji kesalahan statistik.

Ketelitian Tingkat Kesalahan

Statistik estimasi waktu perjalanan dari hasil model dapat ditentukan dengan menggunakan beberapa indikator uji statistik, yaitu *Root Mean Square Error* (RMSE), *Mean Absolute Error* (MAE), dan *Mean Absolute Relative Error* (MARE).

1. Root Mean Square Error (RMSE)

Root Mean Square Error dihitung dengan cara menjumlahkan semua kuadrat kesalahan prediksi. Kemudian membagi jumlah tersebut dengan banyaknya data waktu prediksi. Selanjutnya menarik akarnya. Persamaan untuk menghitung *Root Mean Square Error* (RMSE) adalah sebagai berikut (M. Jalili Ghazi Zade dan R. Noori, 2008) :

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (w_o - w_p)^2} \dots\dots\dots [4]$$

1. Mean Absolute Error (MAE)

Mean Absolute Error (MAE) adalah rata-rata absolut dari kesalahan prediksi, tanpa menghiraukan tanda positif atau negatif. Persamaan untuk menghitung Mean Absolute Error (MAE) adalah sebagai berikut (M. Jalili Ghazi Zade dan R. Noori, 2008) :

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |w_o - w_p|}{n} \dots\dots\dots [5]$$

2. Mean Absolute Relative Error (MARE)

Mean Absolute Relative Error (MARE) digunakan untuk mengevaluasi rata-rata perbedaan antara nilai-nilai yang diamati dan diprediksi. Persamaan untuk menghitung Mean Absolute Relative Error (MARE) adalah sebagai berikut (M. Jalili Ghazi Zade dan R. Noori, 2008):

$$MARE = \frac{(\sum_{i=1}^n |w_o - w_p|) / w_o}{n} \dots\dots\dots [6]$$

Keterangan :

- W_o = Nilai yang sebenarnya.
- W_p = Nilai hasil prediksi.
- n = Jumlah sampel data

METODE

Penelitian ini menggunakan teknik pengumpulan data dengan riset secara langsung pada lapangan. Penelitian ini merupakan studi kasus terhadap suatu perbandingan estimasi waktu perjalanan dengan menggunakan *linear* dan *time slice model* berdasarkan kecepatan sesaat terhadap waktu perjalanan sebenarnya yang di dapat dari survei plat nomor kendaraan dan hasil dari *speed gun*.

Penentuan lokasi pengamatan pada kriteria jalan dan kondisi lalu lintas layaknya jalan bebas hambatan atau biasa disebut dengan *toll*, dimana tidak memiliki tundaan yang berarti dan memiliki lalu lintas yang lancar serta memiliki lebar jalan yang memadai dan kondisi perkerasan yang baik. Lokasi yang dipilih dalam penelitian ini adalah jalan Ring Road Utara Surakarta yaitu berawal dari simpang Ring Road Sroyo Jaten Kabupaten Karanganyar hingga simpang Ring Road Mojosongo Kota Surakarta yang merupakan jalan arteri primer luar kota. Berdasarkan survei pendahuluan bahwa arus lalu lintas yang akan ditinjau adalah arus lalu lintas ke arah barat yaitu simpang Sroyo (Karanganyar) sampai dengan simpang Mojosongo (Surakarta). Hal ini disebabkan arus lalu lintas ke arah barat lebih banyak pada saat waktu penelitian yaitu pada waktu pagi hari. Ruas Jalan Ring Road Utara Surakarta dibagi menjadi 3 *link* dengan jarak yang sama yaitu 1500 m sehingga panjang total dari jalan yang diteliti adalah 4500 m, gambar jelasnya dapat di lihat pada gambar 1.

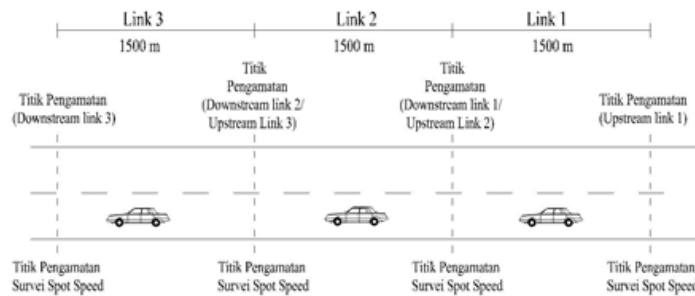


Gambar 1. Pembagian Lokasi Penelitian

1. Desain Survei Kecepatan Sesaat (Spot Speed)

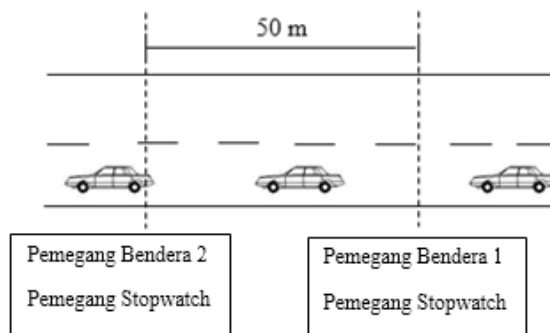
survei *spot speed* pada penelitian kali ini, menggunakan alat *speed gun* dan cara manual. Biasanya alat ini merupakan perangkat yang digunakan dalam penegakan hukum dan penelitian masalah lalu lintas. Perangkat ini bisa dipegang dengan tangan, ditempatkan di atas mobil patroli polisi lalu lintas, ataupun ditempatkan di atas jalan. Cara

kerja *speed radar gun* berdasarkan efek Doppler, dimana alat tersebut memancarkan suatu gelombang radar yang diarahkan pada suatu objek yang bergerak (mobil atau motor) dan dipantulkan kembali ke alat untuk kemudian oleh perangkat ini diukur kecepatan objek tersebut (Cindy Irene Kawulur, 2013). Beberapa kendaraan yang akan melewati Jalan Ringroad Utara Surakarta akan diukur kecepatannya menggunakan alat *speed gun*.



Gambar 2. Desain Survei *Spot Speed* Dengan Alat *Speed Gun*

Sedangkan dengan cara manual nantinya di setiap titik pengamatan terdapat 2 orang yang akan di tempatkan berjarak 50 meter. Salah satunya akan memegang stopwatch dan satu lagi memegang bendera. Apabila kendaraan melewati titik pengamatan, orang pertama akan mengangkat bendera yang menandakan orang yang berjarak 50 meter dari dirinya harus menekan tombol mulai pada stopwatch apabila kendaraan telah melewati orang yang memegang stopwatch, maka dia hendak memberhentikan stopwatch tersebut, untuk mengetahui kecepatan melewati jarak 50 meter. Di setiap jalan ini akan ada 4 titik pengamatan, maka akan di tempatkan 8 orang di setiap titik pengamatan.



Gambar 3. Desain Survei *Spot Speed* Dengan Cara Manual

2. Desain Survei Plat Nomor Kendaraan

Pada survei plat nomor kendaraan, waktu tempuh kendaraan diukur dengan mencocokkan plat nomor kendaraan yang masuk ke lokasi penelitian dengan kendaraan yang keluar dari lokasi penelitian. Pada survei ini, awalnya ditempatkan dua orang surveyor yang masing-masing berada di upstream *link 1* dan *downstream link 3*. Dua orang surveyor tersebut akan mencatat setiap kendaraan masuk dan kendaraan keluar. Akan tetapi hasilnya kurang efektif, maka dari itu ditambahkan lagi surveyor di titik 1 dan di titik 4 masing-masing ada 4 surveyor yang mencatat diantaranya, untuk mencatat kendaraan berat 1 orang, kendaraan ringan 1 orang, kendaraan sepeda motor 2 orang serta di letakkan 1 kamera di upstream link 1 dan di downstream link 3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data primer yang di kumpulkan secara langsung melalui survei kecepatan sesaat (*spot speed*) serta survei plat nomor kendaraan yang dilakukan pada hari yang sama dan pada jam puncak pagi dimulai pukul 06.00-08.10 WIB dengan interval 1 menit. Survei kecepatan sesaat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara manual dan dengan alat *speed gun*.

HASIL

Selanjutnya data primer yang telah diperoleh diolah menggunakan model sehingga mendapat hasil sesuai yang diharapkan. Hasil yang didapat antara lain:

1. Kecepatan Rata-Rata Setiap Link

Contoh perhitungan kecepatan rata-rata berdasarkan TMS pada interval pertama yaitu pukul 06.00-06.01 WIB dengan cara manual dan dengan alat *speed gun* pada titik 1 disajikan pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Perhitungan TMS untuk Titik 1 pada interval 06.00-06.01 WIB yang Data *Spot Speed* Dari Cara Manual.

Interval Waktu	Sample (n)	Jarak (m)	Jenis Kendaraan	Waktu Tempuh (detik)	Kecepatan (km/jam)	\bar{U}_{TMS}
06.00 - 06.01	5	50	MC	3.2	56.25	46.08
			MC	3.55	50.70	
			MC	3.61	49.86	
			LV	4.23	42.55	
			HV	5.8	31.03	
			Σ		230.40	

Tabel 2. Perhitungan TMS untuk Titik 1 pada interval 06.00-06.01 WIB yang Data *Spot Speed* Dari Alat *Speed Gun*.

Interval Waktu	Sample (n)	Jenis Kendaraan	Kecepatan (km/jam)	\bar{U}_{TMS}
06.00 - 06.01	5	MC	28	40.0
		MC	42	
		MC	40	
		LV	51	
		HV	39	
		Σ	200	

2. Estimasi Waktu Perjalanan

Hasil estimasi waktu perjalanan dengan *linear* dan *time slice model* disajikan dalam tabel 3 dan tabel 4.

Tabel 3. Rekapitulasi Estimasi Waktu Perjalanan yang Data *Spot Speed* dari Cara Manual

No	Interval Waktu	Kecepatan Rata-rata Waktu Setiap Satu Menit				Estimasi Waktu Perjalanan	Estimasi Waktu Perjalanan
		Upstream Link 1 (km/jam)	Downstream Link 1/ Upstream Link 2 (km/jam)	Downstream Link 2/ Upstream Link 3 (km/jam)	Downstream Link 3 (km/jam)	Time Slice Model (menit)	Linear Model (menit)
1	06.00 - 06.01	46.08	42.90	44.78	48.75	6.08	5.84
2	06.01 - 06.02	41.78	41.80	44.33	47.40	5.99	5.68
3	06.02 - 06.03	43.27	44.44	41.38	43.20	5.92	5.96
4	06.03 - 06.04	45.88	44.91	43.12	46.50	6.01	6.06
5	06.04 - 06.05	41.68	45.21	47.57	44.25	6.09	5.85
6	06.05 - 06.06	41.30	46.43	45.62	48.75	6.06	5.77
...
122	08.01 - 08.02	44.07	44.06	42.58	42.75	6.25	6.12
123	08.02 - 08.03	42.86	41.13	40.10	41.40	6.22	6.21

Tabel 4. Rekapitulasi Estimasi Waktu Perjalanan yang Data *Spot Speed* dari Alat *Speed Gun*.

No.	Interval Waktu	Kecepatan Rata-rata Waktu Setiap Satu Menit				Estimasi Waktu Perjalanan	Estimasi Waktu Perjalanan
		Upstream Link 1 (km/jam)	Downstream Link 1/ Upstream Link 2 (km/jam)	Downstream Link 2/ Upstream Link 3 (km/jam)	Downstream Link 3 (km/jam)	Linear Model (menit)	Time Slice Model (menit)
1	06.00 - 06.01	40.00	53.75	41.80	39.00	5.82	5.61
2	06.01 - 06.02	48.20	47.20	48.75	39.80	6.00	5.60
3	06.02 - 06.03	38.60	55.60	51.20	37.60	5.84	5.60
4	06.03 - 06.04	44.80	45.60	51.80	47.75	5.20	5.29
5	06.04 - 06.05	45.20	49.60	39.67	54.00	5.90	5.24
6	06.05 - 06.06	41.60	51.00	39.40	42.80	5.20	5.36
...
122	08.01 - 08.02	47.80	36.60	41.20	37.60	6.46	6.44
123	08.02 - 08.03	32.40	35.40	44.40	46.00	6.01	6.41

3. Waktu Perjalanan Aktual

Data waktu perjalan aktual digunakan untuk acuan validitas terhadap hasil estimasi perjalanan. data waktu perjalanan aktual di dapat dari survei plat nomor kendaraan dengan cara mencocokkan plat nomer kendaraan yang masuk di titik 1 dan yang keluar di titik 4. Rekapitulasi waktu perjalanan aktual disajikan dalam tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Waktu Perjalanan Aktual

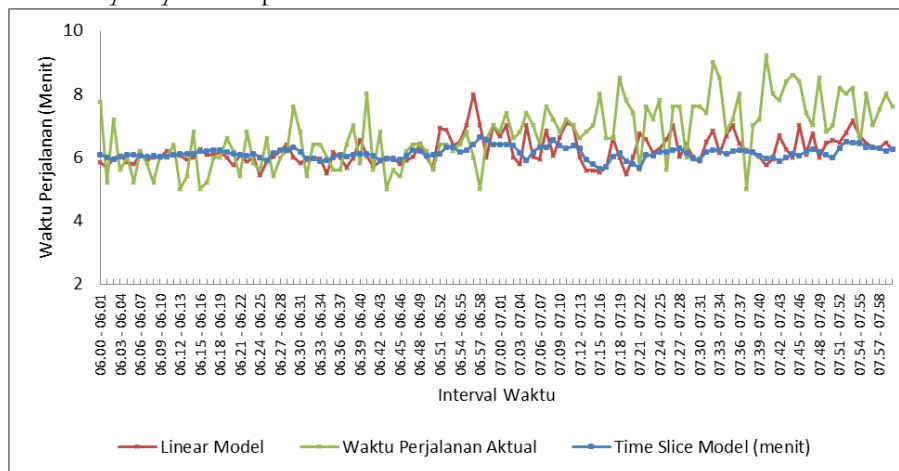
No	Interval Waktu	Waktu Perjalanan Aktual
		Plat Nomer Kendaraan (menit)
1	06.00 - 06.01	7.75
2	06.01 - 06.02	5.20
3	06.02 - 06.03	7.20
4	06.03 - 06.04	5.60
5	06.04 - 06.05	6.00
6	06.05 - 06.06	5.20
...
122	08.01 - 08.02	7.80
123	08.02 - 08.03	7.60

PEMBAHASAN

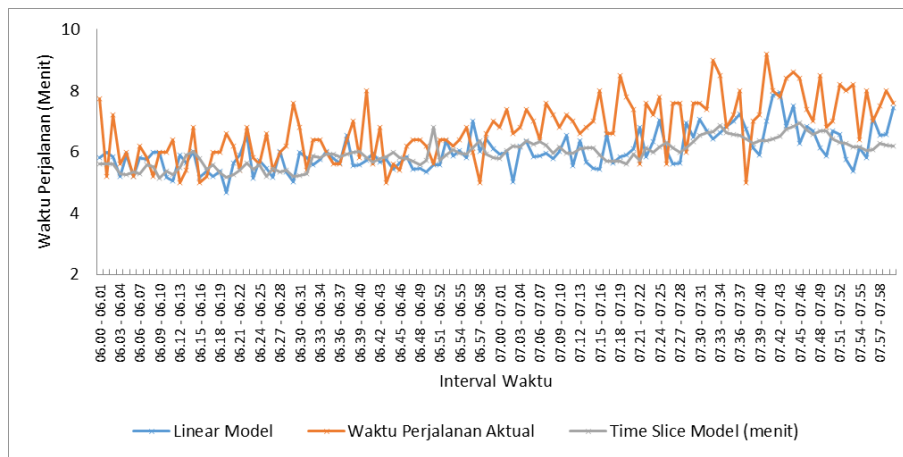
a. Perbandingan Waktu perjalanan

Hasil perhitungan estimasi waktu perjalanan dengan cara *linear* dan *time slice model* berdasarkan *Time Mean Speed* (TMS), serta waktu perjalanan yang didapatkan dari survei plat nomor kendaraan, maka hasilnya dapat dilihat pada perbandingan hasil perhitungan dalam gambar 4, dan 5.

Gambar 4a. Grafik Perbandingan Waktu Perjalanan Aktual Terhadap *Linear* Dan *Time Slice Model* Yang Data *Spot Speed* didapat Dari Cara Manual.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Waktu Perjalanan Aktual Terhadap *Linear* Dan *Time Slice Model* Yang Data *Spot Speed* didapat Daci Alat *Speed Gun*.



Dari gambar 4a dan 4b dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan antara hasil estimasi waktu perjalanan dengan waktu aktual. Walaupun demikian, perbedaan yang ada tidak terlalu jauh.

b. Uji Akurasi

Untuk mengetahui keakuratan estimasi waktu perjalanan dari hasil *linear model* dan *time slice model*, maka dilakukan validasi terhadap waktu perjalanan aktual hasil survei plat nomor kendaraan. Ada beberapa indikator untuk uji statistik yang dapat digunakan diantaranya adalah *Root Mean Square Error* (RMSE), *Mean Absolut Error* (MAE), dan *Mean Absolut Relative Error* (MARE). Hasilnya Dapat dilihat pada tabel 6 dan 7.

Tabel 6. Validasi *Linear* dan *Time Slice Model* yang Data *Spot Speed* dari Cara Manual

Uji Indikator Statistik	<i>Time Slice model</i>	<i>Linear Model</i>
RMSE	1.177	1.125
MAE	0.936	0.868
MARE	0.131	0.123

Tabel 7. Validasi *Linear* dan *Time Slice Model* yang Data *Spot Speed* dari Alat *Speed Gun*

Uji Indikator Statistik	<i>Time Slice model</i>	<i>Linear Model</i>
RMSE	1.160	1.163
MAE	0.964	0.924
MARE	0.135	0.130

Berdasarkan hasil uji akurasi dengan cara RMSE, MAE, dan MARE dapat diketahui bahwa untuk estimasi data *spot speed* dari cara manual dan dengan alat *speed gun*, *linear model* memiliki estimasi kesalahan yang lebih rendah dari pada *time slice model*. walaupun terdapat estimasi kesalahan yang lebih rendah pada *linear model*, tetapi perbedaan nilainya tidak terlalu jauh.

SIMPULAN

Setelah dilakukan hasil uji estimasi perjalanan, didapat bahwa data kecepatan sesaat yang menggunakan cara manual, *Linear Model* memiliki estimasi kesalahan yang lebih rendah dari *Time Slice Model*. Sedangkan untuk data kecepatan sesaat dari alat *speed gun*, *Linear model* masih memiliki estimasi kesalahan yang lebih rendah dari pada *Time Slice Model*. Walaupun demikian, perbedaan estimasi kesalahan antara *Linear* dan *Time Slice Model* tidak terlalu jauh.

UCAPAN TERIMKASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada Ibu Amirotul MHM, ST, MSc. dan Bapak Ir. Agus Sumarsono, MT. yang telah memberi arahan dan masukan dalam penelitian ini, serta kawan-kawan yang telah membantu dalam penelitian ini.

REFERENSI

- Febrian, Aan. 2015. Analisis Akurasi Estimasi Waktu Perjalanan Berdasarkan Data Kecepatan Sesaat Dengan Instantaneous Model dan Time Slice Model. Jurnal. Surakarta : Penerbit : Universitas Sebelas Maret.
- Guin, Angshuman, and Laval, Jorge. 2013. *Freeway Travel Time Estimation and Forecasting*. GDOT Research Project 10-01; TO 02-60.
- Innamaa, Satu. 2009. *Short-term Prediction Of Traffic Flow Status For Online Driver Information*. Dissertation VVT Publication 708. ISBN 978-951-38-7340-0 (Soft Back ed.). ISSN 1235-0621 (Soft Back ed.). Copyright ©VVT 2009.
- Kim, H., Kim, S., Park, SH., Jang, K., 2013, *Assessment of Travel Time Estimate based on Different Vehicle Speed Data: Spot Speed vs. Sampled Journey Speed in South Korean expressways*, *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol.9, 2013.
- Jalili Ghazi Zade, M. and Noori, R. 2008. *Prediction of Municipal Solid Waste Generation by Use of Artificial Neural Network, A Case Study of Mashhad*. Int. J. Environ. Res., 2(1):13-22, Winter 2008. ISSN: 1735-6865.
- Li, Rumin., Rose, Geoffrey., and Sarvi, Majid. 2006. *Evaluation of Speed-Based Travel Time Estimation Models*. JOURNAL OF TRANSPORTATION ENGINEERING Vol. 132, No. 7, July 1, 2006. CASCE, ISSN 0733-947/2006/7-540-547
- Panduan Survai dan Perhitungan Waktu Perjalanan Lalu Lintas NO. 001/T/BNKT/1990.
- van Lin, J. W. C., and van der Zijpp, N, J., 2003, *An Improved Travel-time Estimation Alogorithm using Dual Loop Detectors*, TRB 2003 Annual Meeting CD-ROOM.
- Zhang Wang. 2006. *Freeway Travel Time Estimate Based on Spot Speed Measurements*. Dissertation Submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirement for the degree of Doctor of Philosophy in Civil Engineering. June 16, 2006. Blacksburg. Virginia.